

## 量子力学 No.14 Introduction to Relaxation

$$\begin{cases} \rho_y\left(t + \frac{\epsilon}{2}\right) = \rho_y\left(t - \frac{\epsilon}{2}\right) + \epsilon \left\{ -\frac{1}{T_2} \rho_y\left(t - \frac{\epsilon}{2}\right) - \omega_0 \rho_z(t) \right\} \\ \rho_z(t + \epsilon) = \rho_z(t) + \epsilon \left\{ \omega_0 \rho_y\left(t + \frac{\epsilon}{2}\right) - \frac{1}{T_1} \rho_z(t) \right\} \end{cases} \quad (1)$$

ここで,  $\epsilon = 0.50$  s,  $\omega_0 = 1.0$  Hz,  $T_1 = T_2 = 10.0$  s とし, 小数第 4 位を四捨五入しなさい.

| 時刻 $t$ [s]   | $\rho_x(t)$ | $\rho_y(t)$   | $\rho_z(t)$ |
|--------------|-------------|---|-------------|
| 0            | 0.000       | 0.000   | 0.500       |
|              |             | $\rho_y\left(\frac{\epsilon}{2}\right) = \rho_y(0) - \frac{\epsilon}{2} \omega_0 \rho_z(0)$ |             |
| $\epsilon$   | 0.000       | $= -0.125$  | 0.413       |
|              |             | -0.325  |             |
| $2\epsilon$  | 0.000       |   | 0.230       |
|              |             | -0.423  |             |
| $3\epsilon$  | 0.000       |   | 0.007       |
|              |             | -0.405  |             |
| $4\epsilon$  | 0.000       |   | -0.196      |
|              |             | -0.287  |             |
| $5\epsilon$  | 0.000       |   | -0.330      |
|              |             | -0.107  |             |
| $6\epsilon$  | 0.000       |   | -0.367      |
|              |             | 0.082   |             |
| $7\epsilon$  | 0.000       |   | -0.308      |
|              |             | 0.232   |             |
| $8\epsilon$  | 0.000       |   | -0.177      |
|              |             | 0.309   |             |
| $9\epsilon$  | 0.000       |   | -0.014      |
|              |             | 0.300   |             |
| $10\epsilon$ | 0.000       |   | 0.137       |
|              |             | 0.216   |             |
| $11\epsilon$ | 0.000       |   | 0.238       |
|              |             | 0.086   |             |
| $12\epsilon$ | 0.000       |   | 0.269       |
|              |             | -0.053  |             |
| $13\epsilon$ | 0.000       |   | 0.229       |
|              |             | -0.165  |             |
| $14\epsilon$ | 0.000       |   | 0.135       |
|              |             | -0.225  |             |
| $15\epsilon$ | 0.000       |   | 0.016       |
|              |             | -0.222  |             |
| $16\epsilon$ | 0.000       |   | -0.096      |
|              |             | *****   |             |

1. 横軸に時刻  $t$ , 縦軸に  $\rho_z$  をとった  $\rho_z - t$  グラフを描きなさい. 同じグラフに, No.13 のグラフも書き込みなさい.
2. 描いたグラフの意味を, 緩和時間を含めて述べなさい.

3.  $\mathbf{B} = (B_0, 0, 0)$  のとき, 緩和を導入したブロッホ方程式は次のように書かれた. この微分方程式を解きなさい. 初期条件は  $t = 0$  のとき  $\rho_x(0) = \rho_y(0) = 0$ ,  $\rho_z(0) = \frac{1}{2}$  である.

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} \rho_x \\ \rho_y \\ \rho_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{T_2} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{T_2} & -\omega_0 \\ 0 & \omega_0 & -\frac{1}{T_1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \rho_x \\ \rho_y \\ \rho_z \end{pmatrix} \quad (2)$$

答:  $\alpha = -\frac{1}{2} \left( \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right)$ ,  $\beta = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{1}{4} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)^2}$  とおいて

$$\rho_y(t) = -\frac{\omega_0}{\beta} e^{\alpha t} \sin \beta t, \quad \rho_z(t) = \frac{1}{2} e^{\alpha t} \left\{ \cos \beta t - \frac{1}{2\beta} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \sin \beta t \right\}$$

4. 今日の講義でわかったこと・わからなかったこと・感想などを書きなさい. (自由記載)